

## RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 19/02/2022.



**unesp**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Botucatu



DESEMPENHO FOTOSSINTÉTICO, PERFIL E ATIVIDADE DO  
ÓLEO ESSENCIAL DE *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. NAS  
FASES VEGETATIVA E REPRODUTIVA NO CERRADO  
PAULISTA

**LETÍCIA GALHARDO JORGE**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Área de concentração: Fisiologia Vegetal.

**BOTUCATU - SP**

**2020**

Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Botucatu  
Seção Técnica de Pós-Graduação  
Rua Professor Doutor Antonio Celso Wagner Zanin, s/nº, Botucatu, SP – CEP 18618-689  
Telefone (14) 3880-0780 posgraduacao.ibb@unesp.br

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**“Julio de Mesquita Filho”**

**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU**

**DESEMPENHO FOTOSSINTÉTICO, PERFIL E ATIVIDADE DO  
ÓLEO ESSENCIAL DE *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. NAS  
FASES VEGETATIVA E REPRODUTIVA NO CERRADO  
PAULISTA**

**LETÍCIA GALHARDO JORGE**

**PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup> CARMEN SÍLVIA FERNANDES BOARO**

**ORIENTADORA**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica), Área de concentração: Fisiologia Vegetal .

**BOTUCATU - SP**

**2020**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Jorge, Letícia Galhardo.

Desempenho fotossintético, perfil e atividade do óleo essencial de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. nas fases vegetativa e reprodutiva no cerrado paulista / Letícia Galhardo Jorge. - Botucatu, 2020

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Carmen Silvia Fernandes Boaro  
Capes: 20303009

1. Essências e óleos essenciais. 2. Plantas - Metabolismo. 3. Plantas - Reprodução. 4. Fenologia vegetal. 5. Plantas dos cerrados.

Palavras-chave: Fases fenológicas; Metabolismo especializado; Metabolismo primário.

## *Dedico*

*Aos meus pais Roselaine Ap. Galhardo Jorge e João Henrique Jorge e ao meu irmão Rodrigo Galhardo Jorge, que desde o início foram a minha base, meu maior exemplo de caráter, honestidade, dignidade e respeito e me deram todo o apoio, incentivo e amor incondicional. Sem vocês nada disso seria possível.*

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo e ao auxílio financeiro.

Ao Instituto de Biociências de Botucatu da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

A Deus por estar sempre presente em minha vida, pelas oportunidades postas em meu caminho, por sempre me guiar e proteger, e por nunca me deixar desistir.

À minha orientadora, Profa. Dra. Carmen Sílvia Fernandes Boaro por todos os ensinamentos, pela paciência e sabedoria e por depositar sua confiança em mim para a realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Márcia Ortiz Mayo Marques, pela atenção e por permitir o uso de seu laboratório.

Aos membros da banca examinadora, pelas correções e contribuições para a melhoria deste trabalho.

Aos meus pais e ao meu irmão, que me ensinaram a agir sempre com amor ao próximo, respeito, humildade e honestidade.

Aos meus familiares, que sempre estiveram presentes em minha vida e por saber que poderia contar com o apoio de todos vocês.

Ao Bruno Novaes pela ajuda nas coletas, pelo amor, compreensão, paciência, carinho, apoio e por se fazer tão presente em todos os momentos da minha vida.

Aos meus professores da graduação em Ciências Biológicas (Unesp – Botucatu), por todo conhecimento adquirido.

Aos meus amigos de Departamento, em especial ao Felipe Girotto Campos e Maria Aparecida Ribeiro Vieira, pelo apoio e colaboração na execução deste trabalho. Obrigada pela paciência e por tudo o que me ensinaram. Minha eterna gratidão a vocês.

Aos meus amigos de Botucatu e que vou levar comigo para o resto da vida: Mayara Trombini, Jéssica Lima, Rafael Bibiano, Aline Mendes, Marcelo Souza, Lucas Ferenzini, Jackson Mirellys, Guilherme Rago, Veridiana Zocoler, Fábio Luiz Trombini, Juliana Arruda e Gean Monteiro pela amizade, companheirismo e momentos de descontração.

A todos os professores do curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica) pelos ensinamentos adquiridos.

Aos funcionários do departamento de Botânica, pela disponibilidade em ajudar sempre que necessário.

A todos que contribuíram e participaram de alguma forma nessa fase tão importante da minha vida.

**Muito obrigada!**

## SUMÁRIO

RESUMO.....	08
ABSTRACT.....	09
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1. Metabolismo primário e especializado.....	11
2.2. Família Annonaceae.....	13
2.3. Perfil químico e atividade biológica do óleo essencial gênero <i>Xylopia</i> .....	14
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16
4. CAPÍTULO I: Fotossíntese, perfil químico e atividade do óleo essencial de <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart. nas fases vegetativa e reprodutiva no cerrado paulista.....	22
4.1. Resumo.....	23
4.2. Abstract.....	24
4.3. Introdução.....	25
4.4. Material e métodos.....	27
Material vegetal.....	27
Potencial água das folhas e conteúdo relativo de água.....	29
Fluorescência da clorofila <i>a</i> .....	29
Trocias gasosas.....	29
Carboidratos, atividade enzimática e peroxidação lipídica.....	30
Secagem das folhas e extração do óleo essencial.....	31
Rendimento e caracterização da composição química do óleo essencial.....	31
Atividade biológica do óleo essencial: atividade antifúngica.....	31
4.5. Resultados.....	33
4.6. Discussão.....	47
4.7. Conclusão.....	52
4.8. Referências bibliográficas.....	53
5. Apêndice.....	60



## **Resumo**

Pesquisas voltadas ao conhecimento de espécies vegetais permitem a elaboração de projetos que visam o entendimento do desenvolvimento, conservação da biodiversidade e exploração sustentável dos recursos naturais. O metabolismo primário, representado pela fotossíntese e o especializado, que sintetiza o óleo essencial, podem ser influenciados pelas condições ambientais e fenológicas, o que pode modificar o perfil químico do óleo essencial e a atividade biológica na defesa vegetal, inclusive contra fungos, bactérias e vírus. Compostos oriundos do metabolismo especializado apresentam atividade biológica e potencial para produção de bactericidas e fungicidas. Sendo assim, torna-se necessário o conhecimento do estágio de desenvolvimento das espécies vegetais em que as substâncias de interesse, com potencial econômico, estão mais concentradas, orientando dessa forma, se for o caso, para o período de coleta, visando a conservação e uso sustentável. Há trabalhos científicos que revelam atividade biológica de óleos essenciais, como observado para o gênero *Xylopi*a, porém nenhum deles relaciona o metabolismo primário e especializado com o estágio de desenvolvimento em que a espécie se encontra. Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar se as fases fenológicas, vegetativa e reprodutiva de *Xylopi*a *aromatica* (Lam.) Mart. modificam o desempenho fotossintético e o perfil do óleo essencial, o que pode influenciar sua atividade biológica na defesa antioxidante e ação antifúngica.

**Palavras-chaves:** metabolismo primário, metabolismo especializado, fases fenológicas

## **Abstract**

Research aimed at the knowledge of plant species allows the elaboration of projects that aim at the understanding of development, conservation of biodiversity and sustainable exploitation of natural resources. The primary metabolism, represented by photosynthesis and the specialized one, that synthesizes the essential oil, can be influenced by the environmental and phenological conditions, which can influence the chemical profile of the essential oil and the biological activity in the vegetal defense, including against fungi, bacteria and virus. Compounds from the specialized metabolism present biological activity and potential for the production of bactericides and fungicides. Therefore, it is necessary to know the stage of development of plant species in which the substances of interest, with economic potential, are more concentrated, thus orienting, if appropriate, the collection period, aiming at the conservation and sustainable use. There are scientific studies that reveal biological activity of essential oils, as observed for the genus *Xylopi*a, but none of them relates the primary and specialized metabolism to the stage of development in which the species is found. In this way, the objective of this research was to evaluate if the phenological, vegetative and reproductive phases of *Xylopi*a *aromatica* (Lam.) Mart. modify the photosynthetic performance and the profile of the essential oil, which may influence its biological activity in the antioxidant defense and antifungal action.

**Keywords:** primary metabolism, specialized metabolism, phenological phases

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

*Xylopia aromatica* (Lam.) Mart., espécie pertencente à família Annonaceae, apresenta ampla distribuição no Brasil, sendo uma das 38 espécies registradas em 50% ou mais na composição da vegetação lenhosa de cerrado, além de ser encontrada em regiões de floresta (RATTER et al., 1996).

O metabolismo primário, representado pela fotossíntese, e o especializado, que dele depende e origina o óleo essencial, são influenciados pelas condições ambientais em que as espécies se encontram e por sua fenologia (SELMAR; KLEINWÄCHTER, 2013; JAMWAL et al., 2018; CASER et al., 2018).

A taxa assimilatória líquida, que reflete a eficiência fotossintética de espécies vegetais, apresenta-se elevada em indivíduos jovens, uma vez que, nessa fase grande parte dos foto-assimilados são direcionados para o crescimento (RADFORD, 1967). Além disso, a síntese de metabólitos especializados também depende de compostos orgânicos originados na fotossíntese. Dessa forma, durante o desenvolvimento ocorre partição de assimilados para o atendimento das diferentes necessidades do vegetal. Em indivíduos na fase reprodutiva, a taxa assimilatória líquida apresenta decréscimo, além do que o maior direcionamento dos recursos fotossintéticos ocorre para os órgãos reprodutivos em detrimento do crescimento da planta (USANO-ALEMANY et al., 2016; TEZARA et al., 2014; GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

A idade e o estágio de desenvolvimento vegetal podem influenciar a produção de metabólitos secundários, como os óleos essenciais (BEN FARHAT et al., 2016; DOS SANTOS et al., 2015; APARECIDA; MORAIS, 2009). Estudo com *Salvia officinalis* L., mostrou que o rendimento do óleo essencial diferiu nos estádios de desenvolvimento (vegetativo, florescimento e frutificação). Observou-se maior rendimento do óleo essencial na fase de floração quando comparado ao rendimento nas fases vegetativa e de frutificação (BEN FARHAT et al., 2016).

Além disso, a variação de água, luz e temperatura podem influenciar o movimento estomático e a entrada de gás carbônico para a síntese de carboidratos, principal dreno de elétrons provenientes da fase fotoquímica da fotossíntese. As espécies vegetais são continuamente submetidas a estresses ambientais o que aumenta produção de espécies reativas de oxigênio (ERO), geradas principalmente pelo transporte de elétrons. As ERO podem além de causar danos celulares, sinalizar respostas de defesa, como ativação de enzimas antioxidantes (SELMAR; KLEINWÄCHTER, 2013) e sinalização para produção de substâncias do metabolismo especializado, como terpenos, que constituem os óleos essenciais, contribuindo com a aclimação e sobrevivência vegetal no ambiente.

O óleo essencial de folhas de *X. aromatica* é composto por mono e sesquiterpenos (MARTINS et al., 1996). A formação desses terpenos envolve ATP e agente redutor (NAD(P)H<sup>+</sup>), que atua como fonte doadora de elétrons, proveniente da fase fotoquímica. Envolve ainda esqueletos carbônicos, gerados na fase bioquímica. A rota de síntese dos terpenos atua também na dissipação do excesso de energia fotossintética. Dessa forma, a rota dos terpenos constitui importante mecanismo de proteção, atuando na defesa do vegetal contra agentes bióticos e abióticos, e protegendo a espécie em condições de elevada incidência luminosa (ZHAO et al., 2013; SELMAR; KLEINWÄCHTER, 2013).

Compostos do metabolismo especializado, como terpenos e óleos essenciais, estão relacionados com propriedades antimicrobianas e antifúngicas (LIMA et al., 2015), sendo de grande importância para a indústria e para área farmacológica (ALCÂNTARA, 2015).

De acordo com o acima exposto, as fases fenológicas vegetativa e reprodutiva, de *Xylopia aromatica* podem alterar o perfil fotossintético e químico e a atividade biológica do óleo essencial. A atividade biológica deve remeter à exploração sustentável e à preservação do gênero *Xylopia* na biodiversidade vegetal, o que só poderá ser conseguido com base em estudos que contribuam para o conhecimento das espécies vegetais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar se as fases fenológicas, vegetativa e reprodutiva de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart., modificam o desempenho fotossintético e o perfil do óleo essencial, influenciando sua atividade biológica na defesa antioxidante e ação antifúngica.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Metabolismo primário e especializado**

O crescimento das cidades, associado a expansão da agricultura e pecuária, tem contribuído com a fragmentação e degradação do Cerrado, colaborando com a deterioração da biodiversidade (CARVALHO; DE MARCO; FERREIRA, 2009). Assim, a identificação de compostos e sua dinâmica em relação ao ambiente em que as espécies se encontram e as suas fases fenológicas são de extrema importância para manutenção e conservação da biodiversidade.

As fragmentações do habitat, associadas aos fatores bióticos e abióticos, como luz, água, temperatura, nutrientes, tipos de solos, ataque de patógenos, pragas ou herbivoria e fenologia são causas de estresses, que podem influenciar o metabolismo primário e consequentemente o especializado, permitindo o desenvolvimento de mecanismos que possibilitem a adaptação e sobrevivência das plantas (ALVAREZ-CASTELLANOS; BISHOP; PASCUAL-VILLALOBOS, 2001; PICHERSKY; GERSHENZON, 2002; CHAGAS et al., 2005;

ARIMURA; MATSUI; TAKABAYASHI, 2009). Todas essas condições podem influenciar a produção e composição dos óleos essenciais (BETTAIEB et al., 2009; LARIBI et al., 2009; MCKIERNAN et al., 2014)

Outro aspecto pouco estudado, mas de extrema importância, são as alterações em nível enzimático que influenciam a sobrevivência do vegetal, regulando os metabolismos primário e especializado. As plantas como organismos sésseis estão sujeitas a estresses ocasionados pelos fatores acima registrados, ocorrendo a produção de espécies reativas de oxigênio (ERO), que são moléculas formadas durante funções metabólicas normais nos cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos (CAO et al., 2015). O próprio sistema de transporte de elétrons durante a fotossíntese pode causar danos celulares por meio da formação das ERO, que também podem atuar como moléculas sinalizadoras que ativam múltiplas respostas de defesa (SELMAR; KLEINWÄCHTER, 2013).

Sistemas complexos de proteção podem reverter o estresse oxidativo, como a ação de diversas enzimas antioxidantes, entre elas superóxido dismutase, peroxidases e catalase, que podem ser utilizadas como sinalizadores moleculares (VRANOVA; INZE; BREUSEGEM, 2002). Plantas com elevados níveis de antioxidantes têm mostrado maior resistência ao estresse oxidativo (SPYCHALLA; DESBOROUGH, 2008). Além disso, a peroxidação lipídica é a variável que confirma o nível de estresse e a eficiência do sistema antioxidante na sua contenção, uma vez que, permite monitorar o dano causado por ERO com o acúmulo de malondialdeído (APEL; HIRT, 2004).

Os vegetais também possuem sistema antioxidante não enzimático exercido por substâncias do metabolismo especializado como os terpenos, mono e sesquiterpenos, originados pela união de dois ou três isoprenos, respectivamente. Para formação do isopreno, unidade base dos terpenos com cinco carbonos, que são grupos presentes no óleo essencial, na sua síntese há necessidade de três moléculas de ATP e agente redutor, NAD(P)H<sup>+</sup>, fonte doadora de elétrons, necessários para a redução do fosfato metileritritol e do ácido mevalônico até o isopreno. Piruvato e acetil-CoA, provenientes da respiração de uma molécula de hexose, são os precursores, respectivamente, dos mono e sesquiterpenos. Essas rotas também atuam na dissipação do excesso de energia fotossintética (SELMAR; KLEINWÄCHTER, 2013; ZHAO et al., 2013), constituindo-se em importante mecanismo de proteção nessas condições.

Na fase bioquímica da fotossíntese há utilização de ATP e NAD(P)H<sup>+</sup> na incorporação do carbono para síntese de carboidratos, principal dreno de elétrons. Esses carboidratos podem ser direcionados para o crescimento vegetal e para síntese de moléculas do metabolismo especializado (SELMAR; KLEINWÄCHTER, 2013).

Deste modo, plantas em estágio de desenvolvimento juvenil, por apresentar elevada taxa de crescimento podem direcionar grande parte dos seus recursos fotossintéticos para seu crescimento, e menor parte para síntese de metabólitos especializados, havendo competição entre esses processos. Plantas adultas, por apresentar taxa de crescimento reduzida podem direcionar mais recursos fotossintéticos para biossíntese de moléculas do metabolismo especializado, uma vez que essas moléculas são importantes para superação de estresse bióticos e abióticos que a planta está submetida (ROLLAND; MOORE; SHEEN, 2002; GOBBONETO; LOPES, 2007).

Estudo realizado com *Salvia officinalis* L. mostrou que o rendimento e a composição química do óleo essencial apresentaram variações durante os estádios vegetativo, florescimento e frutificação. O conteúdo de óleo essencial aumentou significativamente quando coletado durante o estágio de florescimento e diminuiu no decorrer da frutificação. O rendimento do óleo essencial no estágio de floração diferiu dos rendimentos nos estádios vegetativo e de frutificação. O autor explica este fato, uma vez que, na fase de floração as plantas podem produzir maiores quantidades de compostos secundários para atração de polinizadores; já a baixa taxa de produção de compostos durante a fase vegetativa pode ser devido à inativação parcial de enzimas necessárias para sua biossíntese (BEN FARHAT et al., 2016).

## **2.2. Família Annonaceae**

A família Annonaceae pertence ao grupo Eudicotiledôneas e compreende aproximadamente 110 gêneros e 2400 espécies (SOUZA; LORENZI, 2008; CHATROU et al., 2012). No Brasil, estão registrados cerca de 30 gêneros e 260 espécies, presentes em praticamente todas as formações vegetais (SOUZA; LORENZI, 2008). De forma geral, as espécies de Anonáceas são de hábito arbóreo, folhas alternadas, dísticas, simples, sem estipulas, margem inteira e veneção penínérvea. Inflorescência cimosa, flores geralmente grandes, vistosas e bissexuadas, diclamídeas; fruto apocárpico ou sincárpico (LOBÃO et al., 2005; JUDD et al., 2009).

Economicamente, diversos gêneros da família Annonaceae são de grande importância como fonte de grupos comestíveis e matéria prima para cosméticos, perfumaria e plantas medicinais (LORENZI, 1998; JOHNSON et al., 2000; PIMENTA et al., 2003). Muitas espécies possuem fragrância devido à presença de óleos essenciais e aromas, que ocorrem na madeira, casca, folhas, flores, frutos e raiz (YOLANDA RÍOS et al., 2003; ALMEIDA et al., 2010; LIMA et al., 2015).

Entre os gêneros de Annonaceae mais estudados, destacam-se *Annona* spp., *Duguetia* spp. e *Xylopia* spp., pois os diversos produtos vegetais, e as substâncias isoladas a partir destes, demonstraram potencial atividade biológica (LIMA et al., 2015).

O óleo essencial da espécie *Annona cherimola*, isolado de folhas, flores e frutos, apresentou ação antimicrobiana contra cepas de *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Shigella sonnei*, *Proteus mirabilis* e *Candida albicans* (YOLANDA RÍOS et al., 2003). Estudo realizado com óleos essenciais obtidos das folhas de *Annona crassiflora* revela atividade antifúngica frente a cepas de *Candida albicans*, *C. tropicalis*, *C. pseudotropicalis*, dentre outros (LIMA; FARIAS, 1994). Além disso, os óleos essenciais de *Duguetia gardneriana* Mart. e *D. moricandiana* Mart. foram ativos contra linhagens de *Candida guilliermondii* e *C. albicans*, respectivamente (YOLANDA RÍOS et al., 2003; ALMEIDA et al. 2010).

### **2.3. Perfil químico e atividade biológica do óleo essencial do gênero *Xylopia***

O gênero *Xylopia* é um dos 33 gêneros da família Annonaceae existentes no Brasil (LORENZI, 2002) que se destaca por apresentar 150 espécies amplamente distribuídas em diversas partes do mundo (BRUMMITT, 1992). Do ponto de vista químico, esse gênero tem sido exclusivamente estudado devido às numerosas espécies odoríferas.

Dentre as espécies, destaca-se a *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae), conhecida popularmente como pimenta-de-macaco (MAIA et al., 2005), uma espécie arbórea cujos frutos podem ser utilizados como tempero (RIOS; PASTORES, 2011). É recomendada para a recuperação de áreas degradadas de "Cerrado" no estado de São Paulo (Resolução SMA nº 47/2003). Além disso, suas folhas, flores e frutos possuem óleo essencial, rico em mono e sesquiterpenos (LAGO et al., 2003; ANDRADE et al., 2004; MAIA et al., 2005).

Alguns estudos mostram que a composição e rendimento do óleo essencial variam em função do órgão de interesse e localização das plantas. Plantas de *Xylopia aromatica* coletadas no estado do Pará, Brasil, revelaram nas flores e frutos a presença de limoneno (44% e 36%),  $\alpha$ -pineno (24% e 19%) e  $\beta$ -pineno (16% e 13%). Bicyclogermacreno (36,5%) e espatulenol (20,5%) foram majoritários nas folhas (ANDRADE et al., 2004, MAIA et al., 2005). Em folhas frescas de *X. aromatica* coletadas no cerrado em Araraquara, São Paulo, Brasil, foram determinados  $\alpha$ -pineno (26%), limoneno (22%), bicyclogermacreno (20%) e  $\beta$ -pineno (19%), com rendimento de 0,08% (LAGO et al., 2003).

No Brasil, espécies vegetais do Cerrado, Mata Atlântica e Floresta Amazônica têm sido estudadas e utilizadas como medicamentos para o tratamento de doenças, incluindo infecções causadas por fungos e bactérias. Isso acontece devido ao grande número de constituintes

químicos encontrados nessas espécies que são responsáveis pela atividade biológica, em especial, antibacteriana e antifúngica (LIMA et al., 2015).

Alguns microrganismos têm se mostrado resistentes diante da utilização de alguns medicamentos antifúngicos sintéticos (KHAN et al., 2009). Devido a isso, surge o interesse de identificar substâncias alternativas ao uso de medicamentos tradicionais. Dessa forma, foram e estão sendo desenvolvidos muitos trabalhos científicos que revelam a atividade biológica de óleos essenciais. Neste contexto, plantas do gênero *Xylopi* se destacam na busca de novos bioativos devido aos inúmeros compostos secundários presentes (PIMENTA et al., 2009).

Existem relatos encontrados na literatura demonstrando o potencial antimicrobiano do gênero *Xylopi*. Os óleos essenciais de *X. aethiopica* e *X. parviflora* foram testados e foram ativos contra *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* (MUSLIM HASSAN; ZOHEIR ALMAGBOUL; ABDELGADIR, ; VYRY WOUATSA; MISRA; VENKATESH KUMAR, 2014; WOGUEM et al., 2014) Alguns fungos dermatófitos como *Trichophyton rubrum*, *T. mentagrophytes*, *Microsporum spp.* tiveram seu crescimento inibido pelo óleo essencial das folhas de *Xylopi frutescens* Aubl. (LIMA et al., 1992).

Em estudo recente, a composição química e a atividade antimicrobiana de óleos essenciais de flores e folhas de *Xylopi aromatica* foram testados. Os principais compostos identificados no óleo essencial das folhas foram: espatulenol (27,11%), khusinol (13,04%), biciclogermacreno (8,52%), globulol (6,47%), *cis*-guaia-3,9-dien-11-ol (5,98%), 2-epi- $\alpha$ -cedren-3-ona (4,69 %) e elemicina (4,32 %). O óleo essencial das flores apresentou pentadecan-2-ona (16,38%), biciclogermacreno (9,74%), 7-epi- $\alpha$ -eudesmol (7,76%), khusinol (7,23%), *n*-tricosano (6,17%), heptadecan-2-ona (5,83%), entre outros. Em relação a atividade biológica, as menores concentrações inibitórias mínimas (CIM) foram observadas frente à *Streptococcus pyogenes* (200 e 100  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) para as flores e folhas, respectivamente. Quanto ao potencial antifúngico, o óleo essencial das folhas apresentou atividade moderada (500  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) frente à *Candida albicans* (DO NASCIMENTO et al., 2018).

Os estudos acima registrados desmonstram potencial atividade biológica do óleo essencial do gênero *Xylopi*, incluindo a espécie *Xylopi aromatica*. No entanto, a literatura não traz referências que relacionam o metabolismo primário e o especializado, de forma a destacar a influência dos estádios vegetativo e reprodutivo na composição química e na atividade biológica do óleo essencial.



### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, J. M. **Composição Química e potencial biológico dos óleos essenciais de Annonaceae dos Campi INPA e UFAM.** Tese - INPA, 2015.
- ALVAREZ-CASTELLANOS, P. P.; BISHOP, C. D.; PASCUAL-VILLALOBOS, M. J. Antifungal activity of the essential oil of flowerheads of garland chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium*) against agricultural pathogens. **Phytochemistry**, v. 57, n. 1, p. 99–102, 2001.
- ANDRADE, E. H. A. et al. Essential oil composition from leaf, fruit and flower of *Xylopia aromatica* (lam.) mart. **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 7, n. 2, p. 151–154, 2004.
- APARECIDA, L.; MORAIS, S. De. Química dos óleos essenciais. v. 2, p. 4050–4063, 2009.
- APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 373–99, 2004.
- ARIMURA, G. I.; MATSUI, K.; TAKABAYASHI, J. Chemical and molecular ecology of herbivore-induced plant volatiles: Proximate factors and their ultimate functions. **Plant and Cell Physiology**, v. 50, n. 5, p. 911–923, 2009.
- BAJPAI, V. K.; RAHMAN, A.; KANG, S. C. Chemical composition and anti-fungal properties of the essential oil and crude extracts of *Metasequoia glyptostroboides* Miki ex Hu. **Industrial Crops and Products**, v. 26, n. 1, p. 28–35, 2007.
- BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils - A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446–475, 2008.
- BEN FARHAT, M. et al. Phenophase effects on sage (*Salvia officinalis*) yield and composition of essential oil. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 3, n. 3, p. 87–93, 2016.
- BETTAIEB, I. et al. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. **Scientia Horticulturae**, v. 120, n. 2, p. 271–275, 2009.
- BUCCI, S. J. et al. Water relations and hydraulic architecture in Cerrado trees: Adjustments to seasonal changes in water availability and evaporative demand. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 233–245, 2008.
- CAO, B.-L. et al. Effects of silicon on absorbed light allocation, antioxidant enzymes and

ultrastructure of chloroplasts in tomato leaves under simulated drought stress. **Scientia Horticulturae**, v. 194, p. 53–62, 2015.

CARVALHO, F. M. V.; DE MARCO, P.; FERREIRA, L. G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, v. 142, n. 7, p. 1392–1403, 2009.

CASER, M. et al. Ecophysiological and phytochemical responses of *Salvia sinaloensis* Fern. to drought stress. **Plant Growth Regulation**, v. 84, n. 2, p. 383–394, 2018.

CHAGAS, A. C. de S. et al. Efeito acaricida de óleos essenciais e concentrados emulsionáveis de Eucalyptus spp em *Boophilus microplus*. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 39, n. 5, p. 247–253, 2005.

CHATROU, L.W. et al. The natural history of Annonaceae. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.169, p.1–4, 2012.

DO NASCIMENTO, K. F. et al. Antioxidant, anti-inflammatory, antiproliferative and antimycobacterial activities of the essential oil of *Psidium guineense* Sw. and spathulenol. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 210, n. May 2017, p. 351–358, 2018.

DO NASCIMENTO, M. N. G. et al. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from *Xylopia aromatica* (Annonaceae) flowers and leaves. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 5, p. 1578–1590, 2018.

DOS SANTOS, C. P. et al. Chemical diversity and influence of plant age on the essential oil from *Lippia sidoides* Cham. germplasm. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 416–421, 2015.

FOURNIER, G. et al. Chemical and biological studies of *Xylopia aromatica* stem bark and leaf oils. **Planta Medica**, v. 60, n. 3, p. 283–284, 1994.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374–381, 2007.

GONÇALVEZ, A.; GUAZZELLI, M. J. **Agrofloresta e óleos essenciais**. 2014.

GOUNGUENÉ, S.P. & TURLINGS, T. C. J. The Effects of Abiotic Factors on Induced Volatile Emissions in Corn Plants. **Plant Physiology**, v. 129, n. 3, p. 1297–1307, 2002.

HOSSEIN MIRJALILI, M. et al. Essential oil variation of *Salvia officinalis* aerial parts during

its phenological cycle. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 42, n. 1, p. 16–19, 2006.

JAMWAL, K.; BHATTACHARYA, S.; PURI, S.. Plant growth regulator mediated consequences of secondary metabolites in medicinal plants. **Journal of applied research on medicinal and aromatic plants**, v. 9, p. 26-38, 2018.

JOHNSON, H.A.; ORBELIES, N.H.; ALALI, F.Q.; McLAUGHLIN, J.L. Thwarting resistance: annonaceous acetogenins as new pesticidal and antitumor agents. In: CUTLER, S.J.; CUTLER, H.G. (Eds.). **Biologically active natural products: pharmaceuticals**. Washington: CRC Press, 2000. pp.173-184.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. **Sistemática vegetal: Um enfoque filogenético**. Artmed, 2009.

KHAN, R. et al. Antimicrobial activity of five herbal extracts against Multi Drug Resistant (MDR) strains of bacteria and fungus of clinical origin. **Molecules**, v. 14, n. 2, p. 586–597, 2009.

LAGO, J. H. G. et al. Analysis, comparison and variation on the chemical composition from the leaf volatile oil of *Xylopia aromatica* (Annonaceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 31, n. 6, p. 669–672, 2003.

LARIBI, B. et al. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil and fatty acid composition. **Industrial Crops and Products**, v. 30, n. 3, p. 372–379, 2009.

LEITE, A. M. et al. Inhibitory effect of beta-pinene, alpha-pinene and eugenol on the growth of potential infectious endocarditis causing Gram-positive bacteria. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, n. 1, p. 121–126, 2007.

LOBÃO, A. Q.; ARAUJO, DOROTHY, S. D. de.; KURTZ, B. C. Annonaceae das restingas do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v.56, n.87, p.85-96, 2005.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 2. Ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1998.

MAIA, J. G. S. et al. Leaf volatile oils from four Brazilian *Xylopia* species. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 20, n. 5, p. 474–477, 2005.

MAKSIMOVIĆ, M. et al. Effect of the environmental conditions on essential oil profile in two Dinaric *Salvia* species: *S. brachyodon* Vandas and *S. officinalis* L. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 35, n. 8, p. 473–478, 2007.

- MCKIERNAN, A. B. et al. Effect of limited water availability on foliar plant secondary metabolites of two Eucalyptus species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 105, p. 55–64, 2014.
- MURAKAMI, C. et al. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from *chromolaena laevigata* during flowering and fruiting stages. **Chemistry and Biodiversity**, v. 10, n. 4, p. 621–627, 2013.
- MUSLIM HASSAN, A.; ZOHEIR ALMAGBOUL, A.; ABDELGADIR, H. Antimicrobial activity of the fruits essential oil of *Xylopiya aethiopica* [Dun.] A. Rich. **Advancement in Medicinal plant Research**, v. 2, n. 4, p. 58-61, 2014.
- NUNES-NESE, A.; FERNIE, A. R.; STITT, M. Metabolic and signaling aspects underpinning the regulation of plant carbon nitrogen interactions. **Molecular Plant**, v. 3, n. 6, p. 973–996, 2010.
- PICCAGLIA, R.; MAROTTI, M. Characterization of several aromatic plants grown in northern Italy. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 8, n. 2, p. 115–122, 1993.
- PICHERSKY, E.; GERSHENZON, J. The formation and function of plant volatiles: Perfumes for pollinator attraction and defense. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 5, n. 3, p. 237–243, 2002.
- PIMENTA, L.P.S.; PINTO, G.B.; TAKAHASHI, J.A.S.; BOAVENTURA, M.A.D. Biological screening of annonaceous brasilian medicinal plants using *Artemia salina* (Brine shrimp test.) Phytomedicine. **Internation Journal of Phytotherapy & Phytopharmacology**, v.4, n.2-3, p.209-209, 2003.
- RADFORD, P. J. Growth analysis formulae - Their use and abuse. **Crop Science**, v. 7, p. 171, 1967.
- RAO, M. L.; SAVITHRAMMA, N.; SUHRULATHA, D. Screening of Medicinal Plants for Secondary Metabolites. **Middle-East Journal of Scientific Research**, v. 8, n. 3, p. 579–584, 2011.
- RATTER, J. A. et al. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation II: Comparison of the woody vegetation of 98 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 53, n. 2, p. 153–180, 1996.
- RIOS, M. N. D. S.; PASTORES, J. F. **Plantas da Amazônia: 450 espécies de uso geral**. 2011.

ROLLAND, F.; MOORE, B.; SHEEN, J. Sugar Sensing and Signalling in Plants. **The Plant Cell**, p. 185–205, 2002.

SANTOS, A. et al. Determinação do rendimento e atividade antimicrobiana do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf em função de sazonalidade e consorciamento. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 19, n. 2 A, p. 436–441, 2009.

SELLAMI, I. H. et al. Effect of growth stage on the content and composition of the essential oil and phenolic fraction of sweet marjoram (*Origanum majorana* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 30, n. 3, p. 395–402, 2009.

SELMAR, D.; KLEINWÄCHTER, M. Influencing the product quality by deliberately applying drought stress during the cultivation of medicinal plants. **Industrial Crops and Products**, v. 42, n. 1, p. 558–566, 2013.

SHAO, H. B. et al. Understanding molecular mechanism of higher plant plasticity under abiotic stress. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 54, n. 1, p. 37–45, 2007.

SOUSA, J. P. B. et al. Validation of a gas chromatographic method to quantify sesquiterpenes in copaiba oils. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 54, n. 4, p. 653–659, 2011.

SOUZA DE OLIVEIRA, L. G. et al. Chemical variability of essential oils of *Copaifera langsdorffii* Desf. in different phenological phases on a savannah in the Northeast, Ceará, Brazil. **Industrial Crops and Products**, v. 97, p. 455–464, 2017.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

SPYCHALLA, J. P.; DESBOROUGH, S. L. Superoxide dismutase, catalase, and  $\alpha$ -tocopherol content of stored potato tubers. **Plant Physiology**, v. 94, n. 3, p. 1214–1218, 2008.

TEZARA, W. et al. Photosynthetic capacity and terpene production in populations of *Lippia graveolens* (Mexican oregano) growing wild and in a common garden in the Yucatán peninsula. **Industrial Crops and products**, v. 57, p. 1-9, 2014.

TIAGO J. T. SOUZA<sup>1</sup>, MIRIAM A. APEL, SÉRGIO BORDIGNON<sup>2</sup>, NELSON IVO MATZENBACHER<sup>3</sup>, J.; ÂNGELO S. ZUANAZZI<sup>1</sup>, A. T. H. Artigo Composição química e atividade antioxidante do óleo volátil de *Eupatorium polystachyum* DC. **Revista Brasileira de**

**Farmacognosia** v. 17, n. 3, p. 368–372, 2007.

TRAPP, S. C.; CROTEAU, R. B. **Genomic Organization of Plant Terpene Synthases**. 2001.

USANO-ALEMANY, J.; PALÁ-PAÚL, J.; HERRÁIZ-PEÑALVER, D. Comprehensive phenological description of essential-oil chemotypes of *Salvia lavandulifolia* VAHL grown under the same environmental conditions. **Chemistry and Biodiversity**, v. 11, n. 12, p. 1963–1977, 2014.

VANDENDOOL, H.; KRATZ, P. D. Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of chromatography**, v. 11, n. 3, p. 463–71, 1963.

VRANOVA, E.; INZE, D.; BREUSEGEM, F. Van. Signal trans Oxid Stress. v. 53, n. 372, p. 1227–1236, 2002.

VYRY WOUATSA, N. A.; MISRA, L.; VENKATESH KUMAR, R. Antibacterial activity of essential oils of edible spices, *Ocimum canum* and *Xylopia aethiopica*. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 5, 2014.

WILHELM, C.; SELMAR, D. Energy dissipation is an essential mechanism to sustain the viability of plants: The physiological limits of improved photosynthesis. **Journal of Plant Physiology**, v. 168, n. 2, p. 79–87, 2011.

WOGUEM, V. et al. Volatile oil from striped African pepper (*Xylopia parviflora*, Annonaceae) possesses notable chemopreventive, anti-inflammatory and antimicrobial potential. **Food Chemistry**, v. 149, p. 183–189, 2014.

YOLANDA RÍOS, M. et al. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oils from *Annona cherimola* (Annonaceae) **Revista de la Sociedad Química de México**, v. 47, n. 2, p. 139-142, 2003.

ZHAO, L. et al. Methylerythritol phosphate pathway of isoprenoid biosynthesis. **Annual Review of Biochemistry**, v. 82, n. 1, p. 497–530, 2013.